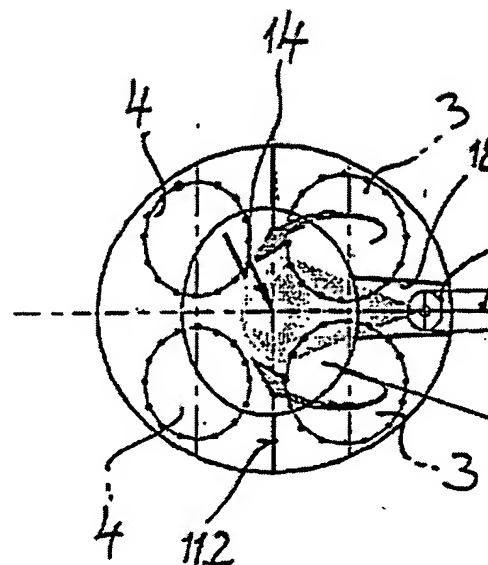


Direct-injection piston engine with injector at inlet side**Patent number:** DE19741380**Also published****Publication date:** 1998-03-26 **US587****Inventor:** GEIGER JOSE DR ING (BE); GRIGO MICHAEL DIPL ING (DE); WOLTERS PETER DR ING (DE)**Applicant:** FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG (DE)**Classification:****- international:** F02B25/14; F02B23/10; F02F1/42; F02F3/28**- european:** F02B23/10S2; F02F3/26; F02B31/08E; F02F1/42B**Application number:** DE19971041380 19970919**Priority number(s):** DE19971041380 19970919; DE19961038559 19960920**Abstract of DE19741380**

The engine has gas-inlet and outlet ports (3,4) with valves (6,7) together with a sparking plug (14) for each cylinder (1). In cross-section both the piston crown (11.1) and the cylinder-head (2.1) are roof-shaped, one face on the head containing the inlet valve and the other the outlet valve, the faces on head and crown running in the same direction. The crown contains a trough-shaped recess (12) extending over the ridge and into both faces. The injector nozzle (8) discharges into the cylinder alongside the inlet valve, and the plug (14) is mounted in the head near the vertical cylinder axis (5). The nozzle and inlet port can be inclined to this axis, delivering towards the outlet port, the axis of the injector jet being at a greater angle to the vertical.





①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 197 41 380 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:
F 02 B 25/14
F 02 B 23/10
F 02 F 1/42
F 02 F 3/28

②1 Aktenzeichen: 197 41 380.3
②2 Anmeldetag: 19. 9. 97
④3 Offenlegungstag: 26. 3. 98

DE 197 41 380 A 1

⑧6 Innere Priorität:

196 38 559.8 20.09.96

⑦1 Anmelder:

FEV Motorentchnik GmbH & Co. KG, 52078 Aachen,
DE

⑦4 Vertreter:

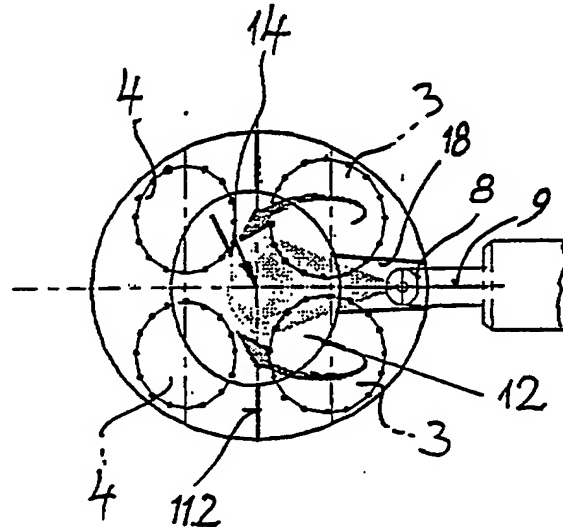
Patentanwälte Maxton & Langmaack, 50968 Köln

⑦2 Erfinder:

Wolters, Peter, Dr.-Ing., 52249 Eschweiler, DE; Grigo,
Michael, Dipl.-Ing., 52224 Stolberg, DE; Gelger,
Jose, Dr.-Ing., Hauset, BE

⑤4 Hubkolbenbrennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung über einen einlaßseitig angeordneten Injektor

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit wenigstens einem Gaseinlaßkanal (3) mit Gaseinlaßventil (6), wenigstens einem Gasauslaßkanal (4) mit Gasauslaßventil (7) und wenigstens einer Zündeinrichtung (14) je Zylinder (1) und mit einem durch die Zylinderdecke (2.1) und dem Kolbenboden (11.1) des im Zylinder (1) hin- und herbewegbar geführten Kolbens (11), wobei der Kolbenboden (11.1) einerseits und die Zylinderdecke (2.1) andererseits im Vertikalschnitt dachförmig ausgebildet sind, wobei jeweils die eine der Dachflächen dem Gaseinlaßventil (6) und die andere der Dachflächen dem Gasauslaßventil (7) zugeordnet sind und ferner die Dachflächen der Zylinderdecke (2.1) im wesentlichen glattflächig ausgebildet sind und in ihrer Ausrichtung der Ausrichtung der Dachflächen des Kolbenbodens (11.1) folgen, sowie mit einer im Kolbenboden (11.1) angeordneten kalottenförmigen Ausnehmung (12), die sich über den Bereich des Dachfirstes auf dem Kolbenboden über die beiden Dachflächen erstreckt, sowie mit einer Kraftstoffeinspritzdüse (8), die nahe dem Eintrittsbereich des Gaseinlaßkanals (3) neben dem Gaseinlaßventil (6) in den Zylinder mündet und mit einer Zündeinrichtung, die in der Zylinderdecke nahe der vertikalen Zylinderachse angeordnet ist.



DE 197 41 380 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 802 013/700

7/25

DE 197 41 380 A1

1

Beschreibung

Bei Hubkolbenbrennkraftmaschinen mit Fremdzündung und mit direkter Kraftstoffeinspritzung wird der Kraftstoff über einen Injektor direkt in den Arbeitsraum des Motors eingespritzt. Hinsichtlich des Zeitpunktes dieser Einspritzung unterscheidet man grundsätzlich zwei Betriebsarten.

Im sogenannten Homogenbetrieb wird der Kraftstoff früh, im allgemeinen während des Einströmens der Verbrennungsluft, d. h. bei geöffnetem Einlaßventil in den Brennraum eingespritzt. Dadurch wird eine gute Homogenisierung des Kraftstoff-Luft-Gemisches erzielt. Diese Betriebsart bietet sich im Betrieb des Motors bei hoher Last an.

Im sogenannten Schichtladebetrieb erfolgt die Einspritzung erst nach dem Schließen des Gaseinlaßventils, wenn der Kolben in seiner Aufwärtsbewegung in den Bereich seiner oberen Totpunktlage gelangt. Dadurch wird erreicht, daß der Kraftstoff nur mit einem Teil der im Zylinder enthaltenen Frischluft und auch nur örtlich begrenzt vermischt wird, bis er durch die Zündeinrichtung entzündet wird. Diese Betriebsart wird vorzugsweise im Teillastbetrieb des Motors und im Leerlauf angewandt. Der Vorteil dabei besteht darin, daß der Motor ohne Drosselung der Ansaugluft betrieben werden kann, ohne daß dabei das Kraftstoff-Luft-Verhältnis in Nähe der Zündeinrichtung für eine sichere Entzündung zu mager ist.

Für diese Betriebsarten sind unterschiedliche Verfahrensweisen zur Einführung des Kraftstoffs in den Zylinder und zur Gemischbildung bekannt geworden, die sich in zwei Kategorien unterteilen lassen:

Bei den sogenannten strahl-geführten Verfahren ist der Einspritzstrahl direkt auf die Zündeinrichtung gerichtet. Die eingespritzte Kraftstoffwolke vermischt sich mit der Verbrennungsluft und wird durch die Zündeinrichtung entzündet. Ein zuverlässiger Schichtladebetrieb ist dementsprechend nur gewährleistet, wenn die Zündeinrichtung sehr nahe am Injektor positioniert ist. Damit ist der Nachteil verbunden, daß nur ein extrem kleines, betriebspunkt-spezifisches Zündfenster vorhanden ist und dementsprechend eine Abstimmung der Strahlabreitung für große Kennfeldbereiche kritisch ist. Die verwendeten Injektoren müssen zudem sehr genau gefertigt werden, wobei schon geringe Toleranzabweichungen oder Veränderungen des Injektors im Langzeitbetrieb zu nachteiligen Randbedingungen für die Entzündung führen.

Die Zündbedingungen im Schichtladebetrieb lassen sich daher nur durch eine exakte geometrische Zuordnung von Zündeinrichtung und Einspritzstrahl sicherstellen. Deshalb sind die bekannt gewordenen Verfahren dieser Kategorie ohne eine ausgeprägte und intensive Ladungsbewegung ausgeführt. Im Homogenbetrieb jedoch fehlt gerade diese Bewegung zur Verbesserung der Homogenisierung des Kraftstoff-Luft-Gemisches, was Leistungseinbußen und eine Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs mit entsprechend erhöhtem Schadstoffausstoß zur Folge hat.

Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, daß sich bedingt durch das direkte Anspritzen der Zündeinrichtung ein erhöhter Verschleiß und damit eine Verkürzung der Standzeit der Zündeinrichtungen einstellt.

Die sogenannten wand-geführten Verfahren beruhen darauf, daß im Schichtladebetrieb der Kraftstoffeinspritzstrahl von der durch den Kolbenboden gebildeten Teil der Brennraumwand auf die Zündeinrichtung hin

2

abgelenkt wird. Dabei wirkt eine intensive Ladungsbewegung unterstützend. Durch dieses Verfahren wird das direkte Anspritzen der Zündeinrichtung vermieden. Toleranzabweichungen und der Betriebszustand der

Kraftstoffinjektoren sind weniger kritisch als bei den vorstehend erläuterten strahl-geführten Verfahren. Ein Nachteil dieser Verfahren besteht darin, daß der Kraftstoff bei der direkten Einspritzung in den Zylinderraum auf die Brennraumwand, insbesondere auf den Kolbenboden gelangt, so daß in bestimmten Betriebszuständen eine unvollständige Verbrennung erfolgt, die einen erhöhten Ausstoß an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und einen erhöhten Ausstoß von Ruß zur Folge hat. Dieses Verfahren wurde bisher mit einlaßseitigem Kraftstoffinjektor durchgeführt und beruht auf der Ausbildung einer hinsichtlich der Richtung und des Drehsinnes speziellen walzenförmigen Bewegung der Zylinderladung, die den Gemischstrahl über den Kolbenboden führend in Einspritzrichtung auf die Zündeinrichtung führt.

Diese Form der Ladungsbewegung kann über steil aufrecht stehende Einlaßkanäle erreicht (EP 0 558 072 B1) werden, was eine entsprechend größere Bauhöhe des Motors bewirkt. Gemäß einem anderen Lösungsvorschlag wird die gewünschte Bewegungsform der Zylinderladung durch eine spezielle Gestaltung des Einlaßkanals oder etwa der Geometrie im Sitzbereich des Einlaßventils (EP 0 463 613 B1) erreicht, was aber nachteilige Auswirkungen auf die Strömungsgüte des Einlaßsystems und damit auf das Vollastbetriebsverfahren des Motors hat. In beiden Fällen ist der Einspritzstrahl auf eine Ausnehmung des Kolbenbodens gerichtet, so daß gerade bei Schichtladebetrieb noch flüssiger Kraftstoff auf den Kolbenboden auftrifft. Da sich dort bildende Gemisch wird dann in Kontakt mit der Wandung des Kolbenbodens gegen die Zündeinrichtung geführt.

Die im Schichtladebetrieb erforderliche intensive Ladungsbewegung wirkt sich bei diesem Verfahren im Homogenbereich wegen resultierender harter Verbrennungsgeräusche und erhöhter Wandwärmeverluste nachteilig aus.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit Fremdzündung und mit Direkteinspritzung zu schaffen, die die vorstehend erwähnten Nachteile weitgehend vermeidet.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen. Der Vorteil dieser Motorkonzeption mit normal gestalteter Führung des Gaseinlaßkanals besteht darin, daß durch die dachförmige Ausgestaltung der Zylinderdecke und auch des Kolbenbodens ein Brennraum geschaffen wird, der nur wenig zerklüftet ist, so daß sich in Verbindung mit der muldenförmigen Ausnehmung auf dem Kolbenboden eine gegen die Kraftstoffeinspritzdüse gerichtete Bewegung der Zylinderfüllung ergibt. Insbesondere im Schichtladebetrieb wird über den Kolbenboden nur Luft gegen die Kraftstoffeinspritzdüse geführt, in die dann der Kraftstoff eingespritzt wird. Damit ergibt sich in unmittelbarer Nähe des Gaseinlaßventils eine verbesserte Gemischaufbereitung, da im Schichtladebetrieb, wenn die Kraftstoffeinspritzung nach dem Schließen des Auslaßventils zu einem Zeitpunkt erfolgt, der Kolben in seiner Aufwärtsbewegung sich nahe seiner oberen Totpunktlage befindet. Im Bereich des Einspritzventils ändert die Luftströmung ihre Richtung und wird entlang der Zylinderdecke in Richtung auf die Zündein-

DE 197 41 380 A1

3

richtung geführt. Trotz des hierbei reduzierten Brennraumvolumens steht dann für den Kraftstoff ein langer freier Strahlweg mit optimaler Gemischbildung in Richtung der Luftströmung im Zylinder auf die Zündeinrichtung hin zur Verfügung. Hierbei ergibt sich nur ein geringer Auftrag von Kraftstoff auf die Zylinderwandungen. Die besondere Gestaltung des Brennraums in Verbindung mit der Positionierung der Kraftstoffeinspritzdüse erlaubt hierbei eine sehr flache Strahlführung, wobei der aufgefächerte Strahl im Bereich der muldenförmigen Ausnehmung auf dem Kolbenboden einwandfrei und nahezu ohne Benetzung des Kolbenbodens auch bei Schichtladebetrieb in den Brennraum eintreten kann, so daß das Kraftstoff-Luft-Gemisch in einer optimalen Durchmischung an die Zündeinrichtung gelangt. Hierbei ist es besonders zweckmäßig, wenn die Mündung der Einspritzdüse etwa in Höhe des unteren Randes der Einlaßöffnung des Gaseinlaßventils angeordnet ist.

Besonders vorteilhaft ist die Umsetzung der Erfindung bei einem Hubkolbenbrennkraftmaschine mit zwei Gaseinlaßventilen, wobei die Kraftstoffeinspritzdüse in einem Bereich zwischen den beiden Gaseinlaßventilen in den Zylinder einmündet.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung lassen sich aus der nachstehenden Erläuterung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand schematischer Zeichnungen entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch einen Zylinder einer Hubkolbenbrennkraftmaschine mit Einspritzung im Teillastbetrieb,

Fig. 2 einen Vertikalschnitt durch den Zylinder gem. Fig. 1 bei Einspritzung im Vollastbetrieb,

Fig. 3 eine Aufsicht auf den Kolbenboden.

Der in Fig. 1 dargestellte Zylinder 1 einer Hubkolbenbrennkraftmaschine ist mit einem Zylinderkopf 2 versehen, der zwei schräg verlaufende in etwa parallele Gaseinlaßkanäle 3 sowie zwei in etwa parallele Gasauslaßkanäle 4 aufweist. Die Zuordnung der Mündungen der Gaseinlaßkanäle 3 zu den Mündungen der Gasauslaßkanälen 4 ist in der Aufsicht auf den Kolbenboden gem. Fig. 3 strichpunktiert angedeutet. Wie aus dem Vertikalschnitt gem. Fig. 1 ersichtlich, sind sowohl die Gaseinlaßkanäle 3 als auch die Gasauslaßkanäle 4 im Zylinderkopf 2 so geführt, daß sie unter einem möglichst flachen Winkel (gemessen gegenüber der Zylinderachse 5) in den Zylinderraum 1.1 einmünden. Die Gaseinlaßkanäle 3 sind durch entsprechende Gaseinlaßventile 6 und die Gasauslaßkanäle 4 sind durch entsprechende Gasauslaßventile 7 jeweils öffnen- und schließbar.

Im Zylinderkopf 2 ist im Bereich der Gaseinlaßventile 6 eine Kraftstoffeinspritzdüse 8 angeordnet, die beispielsweise Teil einer Hochdruckkraftstoffdirekteinspritzung in Common-Rail-Technik ist. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel mit zwei Gasauslaßventilen 7 ist die Kraftstoffeinspritzdüse zwischen den beiden Gaseinlaßventilen angeordnet, so wie dies aus der Aufsicht gem. Fig. 3 ersichtlich ist. In der Höhe mündet die Kraftstoffeinspritzdüse etwa in der Höhe des unteren Randes des die Einlaßöffnungen jeweils definierenden Ventilsitzringes 6.1 in den Zylinderraum 1.1 ein. Die Strahlachse 9 der Kraftstoffeinspritzdüse 8 ist hierbei gegen die Zylinderachse 5 gerichtet und verläuft ebenfalls unter einem Winkel hierzu, der, gemessen gegenüber der Vertikalen, jedoch größer ist als der Eintrittswinkel der Gaseinlaßkanäle 3, der im wesentlichen durch die Achsen 10 der Gaseinlaßventile definiert ist, so daß die Strahlachse sehr flach im Zylinderraum ver-

4

läuft.

Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist sowohl die Zylinderdecke 2.1 als auch der Kolbenboden 11.1 des Kolbens 11 dachförmig ausgebildet, wobei die Dachflächen jeweils den Gaseinlaßventilen und den Gasauslaßventilen zugeordnet sind. In der den Gaseinlaßventilen 6 zugeordneten Dachfläche des Kolbenbodens 11.1 ist eine muldenförmige Ausnehmung 12 angeordnet, die der Kraftstoffeinspritzdüse 8 zugeordnet ist und die sich über den "Dachfirst" 11.2 über beide "Dachflächen" erstreckt.

Fig. 1 zeigt die Stellung des Kolbens 11 im Zylinderraum 1.1 bei sogenanntem Schichtladebetrieb, d. h. für einen Betrieb bei Leerlauf bis hin zur Teillast. Hierbei wird über die Kraftstoffeinspritzdüse ein durch eine entsprechende Düsenausbildung aufgefächertes Kraftstoffstrahl 13 bei bereits geschlossenen Gaswechselventilen 6 und 7 in den Zylinderraum eingespritzt. Der Kraftstoffstrahl 13 wird infolge der über die Muldenfläche geführten Luftströmung "angehoben" und streicht hierbei im wesentlichen ohne Berührung über die Ausnehmung 12 im Kolbenboden 11.1 hinweg und wird hierbei unter Bildung eines zündfähigen Gemisches mit der im Zylinder vorhandenen Luftfüllung wirbelförmig gegen die schematisch angedeutete Zündeinrichtung 14 gelenkt und gezündet. Hierbei wird die geordnete Ladungsbewegung in Verbindung mit späten Einspritzzeitpunkten während der Kompression dazu genutzt, Kraftstoff und Luft örtlich begrenzt vorzumischen und in die Nähe der Zündeinrichtung zu transportieren. Nach Einleitung der Verbrennung unterstützt die Ladungsbewegung die Verbrennung.

Durch die Gestaltung des Kolbenbodens 11.1 mit der erwähnten muldenförmigen Ausnehmung 12 wird einerseits die beim Ansaugvorgang mit dem speziell gestalteten Gaseinlaßkanal 3 erzeugte Ladungsbewegung unterstützt und bis gegen Ende des sich anschließenden Verdichtungshubes des Kolbens 11 weitgehend erhalten. Darüber hinaus bewirkt die beschriebene Ausnehmung 12 im Zusammenhang mit der Dachform der Zylinderdecke 2.1 die Beschleunigung der walzenförmigen Ladungsbewegung gegen Ende der Verdichtung, wenn das Hauptbrennraumvolumen, bedingt durch die angepaßte Dachform von Zylinderdecke 2.1 und Kolbenboden 11.1 praktisch auf die Mulde komprimiert wird.

Darüber hinaus wird durch eine leichte Neigung dieser muldenförmigen Ausnehmung 12 zum Kraftstoffstrahl 13 hin eine ausreichende freie Strahllänge sichergestellt, was die Benetzung der Brennraumwand mit flüssigem Kraftstoff vermeidet.

Eine weitere Maßnahme zur Sicherstellung einer von Wandeinflüssen weitgehend ungehinderten Ausbreitung des Einspritzstrahls 13 ist eine Verlängerung 18 der muldenförmigen Ausnehmung 12 in der dem Einspritzventil 8 zugewandten Randbereich des Kolbenbodens 11.1.

Nach Einleitung der Verbrennung unterstützt die Ladungsbewegung die weitere Vermischung von noch unverbranntem Kraftstoff und Luft und beschleunigt deren Verbrennung.

Fig. 2 zeigt die Stellung der einzelnen Organe zueinander bei sogenanntem Homogenbetrieb, d. h. einem Betrieb mit hoher Last. Während der Abwärtsbewegung des Kolbens 11 öffnet das Gaseinlaßventil 6, wobei in den einströmenden Frischluftstrom über die Kraftstoffeinspritzdüse 8 der aufgefächerte Einspritzstrahl 13 eingespritzt wird, so daß hier wiederum die gewünschte einwandfreie Gemischbildung erfolgen kann. Nach dem

DE 197 41 380 A1

5

Schließen des Gaseinlaßventils 6 führt die Turbulenz der Zylinderladung während der Aufwärtsbewegung des Kolbens zur Ausbildung eines homogenen Kraftstoff-Luft-Gemisches, dessen Verbrennung dann über die Zündeinrichtung 14 eingeleitet wird. Bei dieser Betriebsweise ist der Einfluß der muldenförmigen Ausnehmung 12 im Kolbenboden 11.1 von geringerer Bedeutung, da die Gemischbildung hier in erster Linie über die mit dem Gaseinlaßvorgang synchrone Kraftstoffeinspritzung erreicht wird. Die in dieser Betriebsart bevorzugte abgeschwächte Ladungsbewegung, die einen hinsichtlich der Verbrennungsgeräuschanregung vorteilhaften Ablauf der Verbrennung zuläßt und im Interesse einer hohen spezifischen Leistung hohe Durchflußwerte des Einlaßsystems ermöglicht, wird auch für diese Betriebsweise durch die Gemischführung infolge der erfindungsgemäßen Brennraumgestaltung begünstigt.

Bei einer Stellung des Kolbens im oberen Totpunktbereich wird der Brennraum im wesentlichen durch die Form der muldenförmigen Ausnehmung 12 vorgegeben. Diese ist so auf dem Kolbenboden 11.1 in seiner Erstreckung über den Dachfirst 11.2 angeordnet, daß sich der Volumenschwerpunkt des Brennraums in dieser Kolbenstellung nahe der Zylinderachse 5 befindet.

Durch die Anordnung eines in den Gaseinlaßkanälen 3 angeordneten, steuerbaren Stellorgans 16 läßt sich die Ausbildung des Gaswirbels im Zylinderraum 1.1 noch beeinflussen. Je nach der Anordnung und der Stellung des Sperrmittels 16 wird ein mehr (bei geschlossenen Sperrmittel für Schichtladebetrieb) oder weniger starker (bei geöffnetem Sperrmittel für Homogenbetrieb) Walzenwirbel im Zylinderraum 1.1 erzeugt. Durch die Anordnung einer quer zur Zylinderachse 5 ausgerichteten Trennwand 15 in den Gaseinlaßkanälen 3, die diese in einen oberen Teilkanal 3.1 und einen unteren Teilkanal 3.2 unterteilt, läßt sich die Wirkung des steuerbaren Stellorgans 16 noch verstärken.

Patentansprüche

1. Hubkolbenbrennkraftmaschine mit wenigstens einem Gaseinlaßkanal (3) mit Gaseinlaßventil (6), wenigstens einem Gasauslaßkanal (4) mit Gasauslaßventil (7) und wenigstens einer Zündeinrichtung (14) je Zylinder (1) und mit einem durch die Zylinderdecke (2.1) und dem Kolbenboden (11.1) des im Zylinder (1) hin- und herbewegbar geführten Kolbens (11) gebildeten Brennraum, wobei der Kolbenboden (11.1) einerseits und die Zylinderdecke (2.1) andererseits im Vertikalschnitt im wesentlichen dachförmig ausgebildet sind, wobei jeweils die eine der Dachflächen dem Gaseinlaßventil (6) und die andere der Dachflächen dem Gasauslaßventil (7) zugeordnet sind und die Dachflächen der Zylinderdecke (2.1) in ihrer Ausrichtung der Ausrichtung der Dachflächen des Kolbenbodens (11.1) folgen, sowie mit einer im Kolbenboden (11.1) angeordneten muldenförmigen Ausnehmung (12), die sich über den Bereich des Dachfirstes auf dem Kolbenboden über beide Dachflächen erstreckt, sowie mit einer Kraftstoffeinspritzdüse (8), die nahe dem Eintrittsbereich des Gaseinlaßkanals (3) neben dem Gaseinlaßventils (6) in den Zylinder (1) mündet und mit einer Zündeinrichtung (14), die in der Zylinderdecke (2.1) nahe der vertikalen Zylinderachse (5) angeordnet ist.
2. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Gaseinlaßkanal

6

(3) und die Kraftstoffeinspritzdüse (8) unter einem Winkel zur Zylinderachse (5) in Richtung auf den Bereich des Gasauslaßventils (7) in den Zylinderraum (1.1) münden, wobei, gemessen gegenüber der Vertikalen, der Winkel der Strahlachse der Kraftstoffeinspritzdüse (8) größer ist.

3. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel der Strahlachse der Kraftstoffeinspritzdüse (8) in bezug auf die Neigung der muldenförmigen Ausnehmung (12) im Kolbenboden (11.1) so ausgerichtet ist, daß bei Schichtladebetrieb der Einspritzstrahl sich in den von der muldenförmigen Ausnehmung (12) im Kolbenboden (11.1) im wesentlichen frei ausdehnen kann.

4. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die der Kraftstoffeinspritzdüse (8) zugewandte Randbereich der muldenförmigen Aufnahme des Kolbenbodens (11.1) im Bereich der Strahlachse (9) eine kanalförmige Verlängerung (18) in Richtung auf die Einspritzdüse aufweist, die eine weitgehend ungehinderte Ausbreitung des Kraftstoffeinspritzstrahles (13) ermöglicht.

5. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffeinspritzdüse (8) im Zylinderkopf (2) angeordnet ist und in Höhe des unteren Randes des Gaseinlaßventils nahe der Zylinderwandung in den Zylinderraum (1.1) einmündet.

6. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Anordnung von wenigstens zwei Gasauseinlaßventilen (6) die Kraftstoffeinspritzdüse (8) in einem Bereich zwischen den beiden Gaseinlaßventilen (6) in den Zylinderraum (1.1) mündet.

7. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in wenigstens einem Gaseinlaßkanal (3) ein steuerbares Stellorgan (16) zur Veränderung des freien Strömungsquerschnitts angeordnet ist.

8. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in wenigstens einem Gaseinlaßkanal (3) eine quer zur Ausrichtung der Zylinderachse ausgerichtete Trennwand (15) angeordnet ist, deren Endkante (17) in Strömungsrichtung gesehen, sich bis an die Gaseinlaßöffnung des Zylinders erstreckt und die den Gaseinlaßkanal (3) in zwei Teilkanäle (3.1, 3.2) unterteilt, und daß zumindest ein Teilkanal mit einem steuerbaren Stellorgan (16) versehen ist, durch das der freie Strömungsquerschnitt dieses Teilkanals (3.2) veränderbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen
